

Un modèle intersectoriel incluant une fonction d'investissement et des coefficients techniques variables An input-output model with an investment function

Richard Beaudry et Jacques Nepveu

Volume 54, numéro 2, avril-juin 1978

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/800772ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/800772ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

HEC Montréal

ISSN

0001-771X (imprimé)

1710-3991 (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Beaudry, R. & Nepveu, J. (1978). Un modèle intersectoriel incluant une fonction d'investissement et des coefficients techniques variables. *L'Actualité économique*, 54(2), 207–233. <https://doi.org/10.7202/800772ar>

Résumé de l'article

Input-output analysis was always criticized for its inability to simulate all the effects produced by economic development; induced investment and its impact was notably one of the most serious lack usually noted. The model presented here is an attempt to prove that such a problem might well be solved in the future by introducing an investment function in the analysis at reasonable costs. By the same token, it tries to sell the possibility of taking into account the technological changes that occur in various industrial sectors, in allowing technical coefficients to change accordingly. The authors first briefly describe the economic rationale supporting the necessity of introducing such modifications in the static input-output analysis. Then, using the 1966 Quebec Input-Output table as the basic structure of their model, they formulate what could be presented as a fully dynamic (auto-regressive) model that can simulate the main effects that should be evaluated in an impact study: direct and indirect effects, and effects related to induced consumption and investment. Finally, running the model from a fictitious variation in final demand and for a ten-year period, they conclude with the following results: 1°) the introduction of the accelerator increases by about 30% (the figure varies from 65% to 15% during the period) the impact that would have been otherwise obtained with the static model; and 2°) the use of actual technical coefficients (the introduction of technological changes) reduces by 20% the impact that would have been estimated without the modification.

UN MODÈLE INTERSECTORIEL INCLUANT UNE FONCTION D'INVESTISSEMENT ET DES COEFFICIENTS TECHNIQUES VARIABLES *

Introduction

Les études d'impact qui ont fait appel à l'analyse intersectorielle se sont heurtées jusqu'ici à un problème commun qui était celui de l'incapacité de fournir une simulation appropriée de tous les effets susceptibles d'être produits par le développement économique régional ; ce qui pouvait se traduire, dans bien des cas, par des erreurs substantielles dans l'évaluation de l'impact total. C'est à ce problème particulier que nous nous sommes attaqués au cours de cette recherche, en nous concentrant sur deux des principales critiques habituellement formulées à l'endroit de ce genre d'analyse, soit l'utilisation d'une structure de coefficients techniques fixes dans le temps et l'absence d'autogénération des investissements. Bien que certains auteurs aient déjà abordé l'un et/ou l'autre de ces aspects, la littérature est toujours demeurée muette quant à la formulation d'un modèle capable de circonscrire ces deux difficultés à la fois.

Le but de notre démarche était donc de démontrer la possibilité et la nécessité d'introduire, dans l'analyse intersectorielle classique, une fonction d'investissement et une structure de coefficients techniques qui tiendraient compte des changements technologiques dans le temps. De telles précisions, croyions-nous, permettraient à l'analyse, lorsqu'utilisée dans le cadre d'une étude d'impact, de fournir une approximation de

* Le modèle auquel il est fait allusion ici a été élaboré au Centre de recherche en développement économique de l'Université de Montréal dans le cadre d'une recherche dirigée par le professeur Fernand Martin. M. Marcel Dagenais, professeur au Département d'économie de la même université, agissait alors comme conseiller spécial. Nous nous en voudrions de ne pas mentionner ici leurs conseils intéressés tout au long de notre travail et de les en remercier. Nous demeurons toutefois les seuls responsables des erreurs qui pourraient éventuellement être relevées.

Ce texte a fait l'objet d'une présentation au Congrès sur la méthodologie de l'aménagement et du développement organisé en association avec l'ACFAS les 19 et 20 mai 1977 à Trois-Rivières.

beaucoup plus valable et complète des mouvements des principaux agrégats économiques habituellement retenus lors de telles évaluations, c'est-à-dire l'emploi, la production, les revenus, la fiscalité, etc.

Le texte se divise en trois parties. La première décrit sommairement le raisonnement économique à la base de la formulation mathématique du modèle ; la seconde trace un bref résumé des divers aspects relatifs à l'estimation des paramètres de ce dernier et la troisième analyse les résultats d'une simulation simple effectuée à partir de son fonctionnement et les compare à ceux obtenus à partir d'un modèle de type classique.

I — LA FORMULATION DU MODÈLE

Aux fins analytiques, le développement économique régional peut être perçu comme un déséquilibre momentané du rythme de l'évolution économique de long terme d'une région, déséquilibre qui disparaît lorsque les diverses variables se sont rajustées complètement à leur nouvelle tendance : théoriquement, le calcul de son impact nécessiterait, outre la simulation des changements structurels relatifs à l'évolution dans le temps, la simulation du comportement de toutes les variables qui ont une relation directe ou indirecte avec le changement qu'il produit dans la demande finale, c'est-à-dire les stocks d'inventaire, les investissements, les dépenses de consommation, les recettes gouvernementales, les salaires, les prix, les profits, la productivité, etc., et l'introduction d'un ensemble de concepts économiques tels que la capacité physique du capital, l'obsolescence, les délais de réaction, les anticipations, les économies d'échelle, etc.

Il est bien évident toutefois que la construction d'un modèle aux capacités analytiques aussi vastes dépasserait probablement largement, dans la plupart sinon dans tous les cas, les ressources disponibles pour un tel travail. Il faut être conscient, en effet, qu'au niveau régional, les connaissances empiriques des relations structurelles existant entre l'offre et la demande globale, et sur leur évolution dans le temps, sont limitées. D'autre part, il n'est pas sûr qu'un tel souci de précision au niveau des résultats d'impact justifierait la somme des efforts requis. Aussi, doit-on croire que la seule considération des variables les plus susceptibles de fournir une approximation des effets totaux du développement constitue une approche tout aussi valable, compte tenu des contraintes existantes.

Essentiellement, les ajustements économiques qui prennent place lors de la réalisation d'un projet de développement peuvent se résumer à trois types d'effets :

1) les effets intersectoriels qui font état :

a) des ajustements auxquels sont soumis les secteurs directement touchés par le développement ;

- b) des répercussions qui se propagent chez tous les autres secteurs productifs suite au nouveau niveau de production des secteurs mentionnés en a) ;
- 2) les effets du multiplicateur keynésien qui sont engendrés par le retour des revenus des ménages dans le système. Ils représentent les ajustements de la totalité des secteurs productifs suite à la demande induite par les revenus que ces derniers génèrent tout au long de leur adaptation à la nouvelle demande ;
- 3) les effets de l'accélérateur ; les augmentations de production décrites dans les deux premières catégories créent des besoins en investissement, lesquels, à leur tour, engendrent de nouvelles réactions dans l'ensemble productif. Ces réactions se traduisent à la fin par d'autres augmentations de la valeur de la production, des revenus et de l'emploi.

Si certains aspects de ces effets peuvent être connus à partir de techniques telles que l'approche du multiplicateur basique ou la programmation linéaire, la vision qu'on en obtient se résume le plus souvent en une représentation partielle ou incomplète de la réalité. L'analyse intersectorielle conventionnelle n'échappe pas à cette insuffisance analytique en se limitant aux deux premières catégories d'effets et quelquefois même à la première uniquement. Elle est, de plus, soumise à des hypothèses aussi restrictives qu'une élasticité d'offre parfaite pour toutes les industries, des coefficients fixes dans le temps signifiant une proportionnalité invariable entre les revenus du travail et la valeur de la production, des prix constants, des termes d'échanges fixes, etc. Elle n'en demeure toutefois pas moins, parmi ses rivales, celle qui semble offrir les plus grandes possibilités analytiques. Malgré qu'elle soit dotée au départ d'une structure aussi rigide que les autres (toutes ses relations sont linéaires), elle s'ouvre, par la souplesse de son fonctionnement, à une foule d'améliorations méthodologiques qui peuvent lui permettre une représentation de beaucoup plus appropriée des ajustements structurels. Des efforts ont d'ailleurs déjà été engagés en ce sens par l'application de seuils à la capacité de produire, par l'introduction d'une fonction de dépenses des ménages avec des propensions marginales à consommer pour chaque bien, par la prise en compte des changements technologiques dans le temps et par l'intromission d'un système de prix ; l'on s'est même permis une certaine forme de dynamisation en introduisant des coefficients de capital dans l'analyse, de façon à lui permettre de tenir compte des effets de l'investissement directement rattaché à la production de la demande finale¹.

1. On trouvera une description de ces différentes améliorations dans Beaudry [1974], partie I.

En aucun temps toutefois s'est-on soucié jusqu'ici de l'inclusion d'une fonction d'investissement capable de simuler les effets de l'accélérateur dans le calcul d'un impact ; l'on conçoit facilement, pourtant, qu'une économie, quelle qu'elle soit, est limitée dans ses possibilités de production au rythme d'expansion et de dépréciation de ses facteurs de production, et que l'on ne peut déterminer complètement les effets d'un développement donné sans se référer aux investissements seuls générateurs de la capacité de produire. Une telle fonction permettrait ainsi à l'analyse de traduire le phénomène de convergence cyclique généré par l'action de l'accélérateur sur les principaux agrégats économiques suite au stimulus créé par le développement. Nous verrons comment il peut être facile, à partir de l'approche dynamique de l'analyse intersectorielle, de tenir compte de ces effets. Résumons cependant d'abord brièvement les éléments de base des modèles interindustriels statique et dynamique.

*L'approche statique*²

Considérée tantôt comme une façon originale et simplifiée de représenter la théorie classique de l'équilibre général et tantôt comme un cas particulier de programmation linéaire, l'analyse intersectorielle se définit essentiellement comme un système basé sur un ensemble de secteurs interdépendants et doté de mécanismes d'ajustement instantanés.

Tous les flux entre les différents secteurs sont exprimés en termes monétaires. Les ventes des secteurs productifs aux autres secteurs constituent la demande finale, et les transactions entre les secteurs productifs eux-mêmes, la demande intermédiaire.

Les relations fondamentales de ce système assurent à l'économie une identité entre l'offre effective et la demande effective. La balance intersectorielle de toute l'économie comprend m industries différentes dont l'utilisation de la production peut être exprimée en termes de m équations linéaires :

$$X_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} + Y_i \quad (\text{pour } i = 1, \dots, m) \quad (1)$$

où :

X_i = la production globale (l'offre) de l'industrie i ;

x_{ij} = la demande de l'industrie i pour les produits de l'industrie j ;

Y_i = la demande finale des biens produits par l'industrie i .

La structure intersectorielle de chaque industrie peut ainsi être décrite par une matrice de coefficients techniques $[a_{ij}]$ et traduite par un ensemble de relations structurelles de forme :

$$X_{ij} = a_{ij} X_j \quad (\text{pour } i, j = 1, \dots, m) \quad (2)$$

2. Voir à cet égard Miernyk [1966] et Chenery et Clark [1959].

La substitution de (2) en (1) nous donne alors un système de m équations linéaires, avec m inconnues qui peut être résolu pour tous les X_i à partir d'une demande finale donnée :

$$X_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} X_j + Y_i \quad (\text{pour } i = 1, \dots, m) \quad (3)$$

Transcrite en écriture matricielle, l'équation (3) devient :

$$\mathbf{X} = \mathbf{A}\mathbf{X} + \mathbf{Y} \quad (4)$$

où :

\mathbf{X} = vecteur de la production globale ;

\mathbf{Y} = vecteur de la demande finale ;

\mathbf{A} = matrice des coefficients techniques.

Le modèle ainsi présenté est un modèle ouvert de propagation de la demande à travers toute l'économie. Il repose sur trois hypothèses fondamentales qui se lisent comme suit :

- a) chaque groupe de biens est produit par un seul secteur productif ;
- b) les inputs de chaque secteur sont une fonction unique des niveaux de production de ce secteur, et cette fonction est linéaire ;
- c) le système ne produit aucune économie ou déséconomie externe.

*L'approche dynamique*³

Le système statique que nous venons de décrire explique les interdépendances mutuelles des différents secteurs d'une économie en termes d'une structure de coefficients donnée, $[a_{ij}]$. Ces coefficients ne reflètent pas, cependant, les besoins en capital de l'économie : les effets de la demande induite sur la production de biens et services par les investissements en sont exclus. Leur représentation peut néanmoins être rendue possible par l'inclusion d'une structure de coefficients de capital.

Soit $E_{ij}(t)$ le stock d'un bien de capital produit par l'industrie i et utilisé par l'industrie j à un moment t , alors le taux de variation du stock pour ce bien s'écrira $dE_{ij}(t) / dt$ ou encore \dot{E}_{ij} . Définissons par ailleurs R_{ij} comme le capital requis par l'industrie j , venant de l'industrie i , pour maintenir son stock de capital au niveau existant. L'équation (1) s'exprimera alors comme :

$$X_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} + \sum_{j=1}^m R_{ij} + \sum_{j=1}^m \dot{E}_{ij} + Y_i \quad (1)$$

La structure des relations stock-flux de capital peut ainsi être décrite par deux matrices de coefficients de capital, l'une d'expansion $[b_{ij}]$ et l'autre de remplacement $[d_{ij}]$, et traduite par un ensemble d'équations

3. Voir Leontief *et al.* [1953].

structurelles mettant en relation les variations dans les stocks de capital de chaque industrie et les changements dans leur production respective :

$$\dot{E}_{ij} = b_{ij}\dot{X}_j \quad (6)$$

ou encore leurs niveaux :

$$R_{ij} = d_{ij}X_j \quad (7)$$

En substituant les équations (6) et (7) dans l'équation (1), on obtient un système de m équations différentielles linéaires avec m inconnues qui correspondent à celles du système statique :

$$X_i = \sum_{j=1}^m a_{ij}X_j + \sum_{j=1}^m d_{ij}X_j + \sum_{j=1}^m b_{ij}\dot{X}_j + Y_i \quad (8)$$

En écriture matricielle, le système devient :

$$\mathbf{X} = \mathbf{AX} + \mathbf{DX} + \mathbf{BX}\dot{} + \mathbf{Y} \quad (9)$$

L'introduction d'une fonction d'investissement

L'équation (9) qui précède permet deux solutions, dépendant de la définition que l'on donne au terme \dot{E}_{ij} . Si \dot{E}_{ij} est défini comme le stock de capital qu'il faut mettre en place en t pour qu'il soit utilisé en $t+1$, alors la séquence de production devra être lue dans le sens « antichronologique » et les niveaux d'activité seront calculés pour les périodes qui précéderont les demandes finales données. Un tel modèle est utile dans la simulation des mouvements en réaction à la réalisation prochaine d'un développement donné. On y réfère par les termes : « inverse dynamique »⁴.

Mais si on définit plutôt \dot{E}_{ij} comme le stock de capital mis en place en t et induit par la variation de la production observée entre $t-1$ et t , on a alors affaire à un modèle auto-générateur d'investissements. Tout accroissement de la production engendre à sa suite une demande pour des biens de capital accélérant ainsi le processus même des réactions intersectorielles déjà amorcé par la variation autonome de la demande finale et activé par l'effet du multiplicateur keynésien. On introduit donc dans le système le principe de l'accélération.

L'évidence empirique et les nombreuses études sur la fonction d'investissement⁵ démontrent cependant que la réponse de l'investissement à une variation dans la production s'étend sur une période de plusieurs

4. Voir sous ce rapport Leontief [1950] et Miernyk [1970].

5. Voir, entre autres, Almon [1965], Hickman [1957], Jorgenson et Stephenson [1967], Resek [1966], etc.

années, de sorte que les effets sur la production ne sont pas enregistrés instantanément mais se voient plutôt étalés sur toutes les périodes de réaction. L'introduction d'un accélérateur défini à la façon de Hicks [1950], par exemple, c'est-à-dire suivant une période d'ajustement entre la production et l'investissement ne couvrant qu'une seule année, ne peut, en pratique, conduire à une représentation réaliste des mouvements qu'il génère. Le fonctionnement d'un modèle construit sur la base d'une telle hypothèse produit d'ailleurs un cycle rapidement explosif qui ne peut être contenu que par l'utilisation de contraintes de plancher et de plafond (la contrainte supérieure est déterminée par la pleine capacité de production et la contrainte inférieure vient de la limite au désinvestissement : l'investissement brut ne peut être plus petit que zéro et l'investissement net ne peut être plus négatif que la dépréciation ⁶).

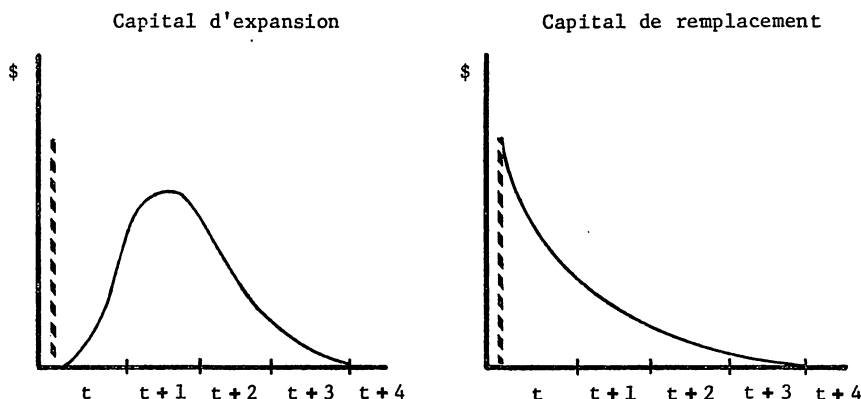
Dans le cadre d'une simulation, ces dernières considérations soulèvent deux importantes questions : combien de temps faut-il à l'investissement pour se réaliser et quelle est sa distribution sur cette période ?

La plupart des auteurs admettent facilement que l'investissement se réalise généralement sur une période moyenne d'environ 6 à 10 trimestres, mais que la période totale, elle, peut varier entre 6 et 30 trimestres suivant l'industrie considérée. Une revue attentive des divers hypothèses et résultats de ces recherches laisse toutefois supposer que, dans l'ensemble, les réactions se font sentir sur une période de 16 trimestres pour une moyenne de réalisation de 9 trimestres environ. Cette période renferme tous les délais généralement observés lors d'un investissement : délai entre l'augmentation comme telle de la demande et la décision d'investir, délai entre la décision d'investir et le début de la mise en place des immobilisations, et délai entre le début des travaux et la fin des travaux.

Du côté de la distribution sur les périodes de réaction, les auteurs observent que l'investissement d'expansion et l'investissement de remplacement connaissent des courbes différentes l'une de l'autre. En ce qui concerne l'investissement d'expansion, les résultats de Hickman [1957] et de Jorgenson [1971] doivent être retenus : la distribution suivrait une courbe relativement près de celle de la distribution de Pascal. Quant à l'investissement de remplacement, les conclusions de Griliches [1960], Wykoff [1970] et Hall [1971] sur la distribution de la dépréciation des automobiles et des tracteurs de ferme, de même que celles de Meyer et Kuh [1957] sur les besoins en capital de remplacement, laissent supposer qu'une fonction de distribution géométrique décroissante représenterait approximativement l'allure de son comportement. Le graphique 1 traduit les formes hypothétiques de ces distributions.

6. On se référera à Evans [1969] et à Hicks [1950] pour les détails sous ce rapport.

GRAPHIQUE 1

FONCTION DE DISTRIBUTION DES DÉPENSES EN CAPITAL
Capital d'expansion

Les délais inhérents à la mise en place du capital physique pourraient donc être pris en compte en introduisant ces fonctions de distribution dans le modèle⁷. Ce qui peut être fait de la façon suivante :

$$D_t X_t = a D_t X_t + b D_{t-1} X_{t-1} + c D_{t-2} X_{t-2} + d D_{t-3} X_{t-3} \quad (10)$$

$$B_t \dot{X}_t = m B_t \dot{X}_t + n B_{t-1} \dot{X}_{t-1} + o B_{t-2} \dot{X}_{t-2} + p B_{t-3} \dot{X}_{t-3} \quad (11)$$

où :

a , b , c et d représentent la part respective annuelle de l'investissement de remplacement qui est réalisée entre t et $t-4$;

m , n , o et p représentent la part respective annuelle de l'investissement d'expansion qui est réalisée entre t et $t-4$.

La solution du système pour X en l'année t serait alors obtenue par :

$$X_t = (I - A_t - a D_t - m B_t)^{-1} (Y_t + b D_{t-1} X_{t-1} + c D_{t-2} X_{t-2} + d D_{t-3} X_{t-3} - m B_t \dot{X}_{t-1} + n B_{t-1} \dot{X}_{t-1} + o B_{t-2} \dot{X}_{t-2} + p B_{t-3} \dot{X}_{t-3}) \quad (12)$$

L'approche de la fonction d'investissement telle que nous venons de la décrire n'est réaliste, cependant, que dans la mesure où nous supposons une situation d'équilibre économique de long terme ou une situation « a-conjoncturelle ».

7. Nous nous limitons ici aux délais relatifs à l'investissement induit uniquement. Nous aurions cependant pu aussi introduire des délais relatifs à la mise en place d'un investissement autonome (le modèle formulé par Beaudry [1974] comprend d'ailleurs de tels délais) ; ce qui nous permettrait alors de simuler non seulement les effets d'une variation autonome dans la demande finale, mais aussi les effets de l'implantation d'une nouvelle entreprise ou d'une nouvelle industrie, par exemple.

Les relations (5), (9) et (12) supposent en effet qu'il n'existe aucun excédent de production dans l'économie et qu'il peut aussi y avoir désinvestissement à volonté. Il faut bien noter toutefois que si l'hypothèse du fonctionnement à un niveau de capacité optimal n'apparaît pas tout à fait défendable en courte période où des situations de sur- et de sous-capacité sont choses courantes, elle se fait beaucoup plus plausible en moyenne et en longue période.

II — L'ESTIMATION DES PARAMÈTRES DU MODÈLE

Nous nous sommes servis, comme structure de base pour notre modèle, de la version agrégée du tableau économique du Québec de 1966 ; ce dernier étant toutefois conçu de façon différente des tableaux de type classique (il est rectangulaire⁸ plutôt que carré), nous avons dû lui faire subir certaines transformations qui se sont révélées être, somme toute, une standardisation sous une forme de type classique⁹. Elles ont consisté essentiellement à reformuler le modèle de la façon suivante :

$$\mathbf{X} = \mathbf{RAX} + \mathbf{ReEx} + \mathbf{RoYo} = \bar{\mathbf{A}}\mathbf{X} + \mathbf{Y}$$

où :

\mathbf{X} = vecteur production (35×1)

\mathbf{R} = matrice de répartition de la demande intermédiaire (35×61)

\mathbf{A} = matrice des coefficients techniques (61×35)

\mathbf{Re} = matrice de répartition des exportations (35×61)

\mathbf{Ex} = vecteurs des exportations (61×1)

\mathbf{Ro} = matrice de répartition de la demande finale (35×61)

\mathbf{Yo} = vecteur de la demande finale excluant les exportations
(61×1)

$\bar{\mathbf{A}}$ = matrice des coefficients techniques (35×35)

\mathbf{Y} = vecteur de la demande finale (35×1)

C'est à cet appareil statistique que nous avons greffé les divers éléments devant nous conduire à une simulation acceptable des principaux effets d'une variation autonome de la demande finale.

La fonction de consommation

La fermeture du modèle statique sur les dépenses de consommation a la particularité de lui fournir une vision plus réaliste des interdépen-

8. Il se compose, dans l'espace des activités, de 33 secteurs productifs, 2 secteurs fictifs, 3 secteurs de fuites et 13 secteurs de la demande finale et, dans l'espace des biens, de 61 catégories de transactions et 10 catégories de facteurs primaires. Voir, à ce sujet, Lefort et Marshall [1972].

9. Nous perdions ainsi une caractéristique importante du système de comptabilité économique du Québec, mais cette façon de procéder se faisait nécessaire dans les circonstances, compte tenu des frais déjà importants d'ordinateurs rattachés au fonctionnement du modèle dynamique.

dances économiques. Cet exercice peut être effectué suivant deux méthodes. La première se résume essentiellement à introduire une relation linéaire et homogène entre la production des différents secteurs productifs et la demande induite par les dépenses de consommation des ménages et à traiter le secteur des ménages comme un secteur productif¹⁰. La seconde exige, de son côté, une technique un peu plus élaborée : elle nécessite tout d'abord l'estimation d'une fonction de consommation à élasticité variable par rapport au revenu, donc faisant appel à des propensions à consommer, par bien, propres à chaque niveau de revenu généré. Elle doit, par ailleurs, être appliquée suivant le fonctionnement itératif du modèle, c'est-à-dire suivant la série $(\mathbf{I} + \mathbf{A} + \mathbf{A}^2 + \mathbf{A}^3 + \dots + \mathbf{A}^n)$ plutôt qu'à partir de la matrice d'impact globale $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ car, à chaque itération correspond un niveau et une structure propre des dépenses de consommation¹¹.

Nous avons retenu la première pour sa simplicité d'application. Les valeurs des paramètres ont été obtenues à partir de « la fonction de dépenses totales pour la fermeture partielle du système de comptabilité économique du Québec » (B.S.Q.) ; elles se présentent comme suit :

$$\text{Dépenses totales} = 1.1[2,337,900 + .753 (\text{salaires}/1.1) + .146 (\text{autres revenus bruts}/1.231)]$$

Les changements technologiques

La preuve n'est pas à faire ici que la technologie subit des changements dans le temps et que ces variations affectent inévitablement la nature des inputs, tant primaires qu'intermédiaires, dans la fabrication d'un bien. Des deux méthodes qui s'offraient à nous pour introduire ces particularités dans le modèle, celle de Stone [1965] et celle de Miernyk [1970], nous avons opté pour la dernière¹². Partant de l'évidence que les coefficients techniques sont des coefficients moyens pour une année déterminée, il existe, selon Miernyk, sur l'ensemble des établissements d'un secteur, certains établissements qui sont plus avancés technologiquement que les autres. Sous l'hypothèse que ces derniers représenteront, dans un moment futur, la structure moyenne de l'industrie, il est dès lors possible de fournir une approximation convenable des changements technologiques dans le temps.

Un jeu de 88 entreprises a ainsi été sélectionné comme devant représenter les établissements les plus modernement équipés au Québec.

10. C'est la méthode la plus couramment utilisée. On pourra consulter Leontief *et al.* [1953] pour plus de détails à son sujet.

11. C'est notamment la méthode utilisée par le système de comptabilité économique du Québec.

12. La méthode de Stone est connue sous le nom de « RAS ». Elle consiste à multiplier la matrice \mathbf{A} par un multiplicateur de substitution (\mathbf{R}) et un multiplicateur de fabrication (\mathbf{S}). Nous appellerons ci-après la méthode Miernyk par les termes de « best practice ».

Pour parer au problème de confidentialité, le B.S.Q. a bien voulu agréger lui-même sur les secteurs les structures d'inputs disponibles à leur endroit. A la suite des travaux de Miernyk, nous avons alors considéré qu'une période raisonnable pour ces établissements de devenir des établissements à technologie moyenne serait de 10 années environ. Comme les coefficients calculés par le B.S.Q. l'ont été pour l'année 1970, nous avons donc en main la structure hypothétique des inputs de 1980.

Cet exercice n'a été possible toutefois que pour les vingt groupes majeurs manufacturiers et le secteur des « mines » ; l'échantillonnage des activités primaires et tertiaires eut nécessité un effort de travail et un bagage statistique trop important en regard des ressources disponibles pour cette étude. Aussi nous en sommes-nous tenus aux applications suivantes : comme la technologie québécoise suit le rythme américain mais toujours avec un retard d'une décennie environ, nous avons supposé que les tendances observées entre le tableau américain de 1958 et ceux prévus pour 1970 ou 1980¹³ pouvaient être applicables aux coefficients du tableau du Québec, à tout le moins pour les activités qui nous préoccupaient¹⁴.

La projection des coefficients des facteurs primaires s'est faite suivant le même procédé. La matrice des facteurs primaires comporte, dans notre agrégation du tableau du Québec, trois catégories qui sont : l'emploi, les salaires et les autres revenus bruts. Théoriquement, la projection de la matrice **A** par la méthode du « best practice » devait en même temps s'appliquer aux facteurs primaires, ces derniers étant par définition considérés comme des inputs. En pratique, toutefois, le choix plus ou moins judicieux de certaines entreprises dans l'échantillon final de « best practice » nous a obligé de corriger certains coefficients par trop erratiques. Afin de minimiser le risque d'erreurs qui auraient pu se glisser dans les projections des facteurs primaires suivant cette méthode, nous nous sommes donc arrêtés à vérifier secteur par secteur les estimations obtenues. Les vérifications ont été effectuées sur les taux de variations dans le temps plutôt que sur les valeurs des coefficients comme telles. Les résultats de divers travaux, dont notamment ceux de Higgins, Martin et Raynauld [1970] sur les variations prévues dans la productivité du travail, ont été utilisées lors de ces vérifications.

Ce test sur les taux de variations dans la productivité (définie comme le rapport de la valeur ajoutée sur l'emploi) a eu ceci de particulier qu'il a permis de vérifier la vraisemblance tant des coefficients projetés

13. On trouve ces tableaux dans U.S. Department of Labour [1967] et [1970] et dans U.S. Survey of Current Business [1965].

14. Le secteur de l'électricité n'a toutefois pas été assujéti aux tendances américaines. La structure d'input de ce secteur est apparue particulière au Québec et les projets en cours ou prévus dans le domaine jusqu'en 1980 nous sont apparus suffisamment semblables aux opérations qui s'effectuaient au Québec en 1966 pour croire que ce secteur conserverait sensiblement la même structure que celle de 1966.

des facteurs primaires que des coefficients techniques eux-mêmes (matrice **A**). La valeur ajoutée étant en effet elle-même la somme des salaires et des autres revenus bruts, elle se fait donc en même temps, en termes de coefficients, l'inverse de la somme des inputs techniques pour un secteur donné, c'est-à-dire 1 moins les coefficients de la matrice **A**. Les calculs que nous avons effectués lors de ce test nous ont conduits aux chiffres du tableau 1.

TABLEAU 1

TAUX MOYENS ANNUELS DES VARIATIONS PRÉVUES DANS LA PRODUCTIVITÉ
DU TRAVAIL AU QUÉBEC

	Selon H.-M.-R. (1985)	Nos estimations (1980)
1. Agriculture	4.9	2.5
2. Forêt	6.0	5.4
3. Pêche	6.0	5.7
4. Mines	4.3	2.8
5. Aliments et boissons	4.2	1.6
6. Tabac	3.0	2.4
7. Caoutchouc	7.3	5.1
8. Cuir	4.5	1.6
9. Textile	7.1	2.4
10. Bonneterie	6.2	4.2
11. Vêtement	2.9	2.5
12. Bois	2.0	1.0
13. Meubles	5.4	2.7
14. Papier	2.5	2.0
15. Edition	4.0	2.3
16. Métaux primaires	3.9	3.0
17. Produits métalliques	4.0	3.3
18. Machinerie	3.1	1.3
19. Matériel de transport	7.3	4.0
20. Appareils électriques	7.7	4.4
21. Minéraux non métalliques	4.2	1.1
22. Pétrole	9.2	2.4
23. Produits chimiques	7.0	4.9
24. Produits divers	4.3	3.1
25. Construction	5.7	3.4
26. Transport et entreposage	5.5	4.2
27. Communication	5.5	3.7
28. Electricité, gaz, eau	5.5	5.0
29. Commerce	2.4	1.4
30. Finance, assurance, immeuble	-0.8	-2.1
31. Services médicaux et personnels	-0.4	-1.4
32. Services aux entreprises	-0.4	-1.7
33. Autres services	-0.4	-1.4

SOURCE : Higgins, Martin, Raynauld [1970].

Nos estimations se révèlent certes conservatrices par rapport à celles de Higgins, Martin et Raynauld, mais ne dénotent par contre pas de valeurs erratiques ou déraisonnables pouvant justifier de nouvelles estimations. C'est à partir de ces considérations que les coefficients projetés ont été retenus.

En ce qui concerne le secteur des ménages, désormais inclus dans la matrice **A**, nous avons calculé les tendances de ses coefficients à partir de projections sur les dépenses des ménages elles-mêmes. Les données de 1961 et 1966 pour le Québec, et de 1959 et 1969 pour le Canada¹⁵ sur les dépenses de consommation, dégonflées par des indices de prix à la consommation, constituaient, à cet égard, des données historiques tout à fait pertinentes pour des projections dans le futur.

Les matrices de coefficients de capital

D'un point de vue purement théorique, l'évaluation de la structure dynamique de l'économie fait appel au concept de la capacité de production, ce qui présente deux problèmes dans l'estimation des coefficients de capital¹⁶. Le premier, c'est qu'il peut y avoir sous-estimation de la demande à long terme de capital, si les coefficients sont calculés à partir d'une situation de capacité excédentaire. Le second, c'est que certains départements seulement, dans une entreprise, peuvent avoir une capacité excédentaire, ce qui signifie qu'à long terme, la production peut augmenter avec des additions en capital débalancées. Techniquement, une entreprise ne fonctionne jamais à sa pleine capacité, à cause de considérations économiques¹⁷; c'est, du moins, le cas chez la majorité. Avant que les limites physiques de capacité d'une quantité fixe de capital soient atteintes, les taux de rendement diminuent et il devient plus profitable de fonctionner en capacité excédentaire. Il apparaît donc approprié, à priori, de détenir certaines informations sur la capacité excédentaire partielle et globale des entreprises.

Le concept de la capacité se fait cependant difficilement quantifiable. Certaines méthodes¹⁸ peuvent nous fournir des résultats intéressants, mais l'utilisation de ces résultats nous confronte toujours au même problème, soit celui de sous-estimer à long terme les besoins en capital, si

15. Données disponibles par le Bureau de la statistique du Québec et par Statistique Canada.

16. On pourra se référer, à ce propos, à Chenery et Clark [1959].

17. Il existe généralement, à cause des rendements à l'échelle, une capacité excédentaire qu'on pourrait qualifier d'optimale. Elle se situe généralement aux environs de 10%. Nous faisons donc ici allusion au cas où il y aurait capacité excédentaire par rapport à cette norme, e.g. 15%. Voir Baumol [1959], chap. 6 et 8.

18. Les principales étant : l'approche par le stock de capital et l'approche par le « Peak-output ». On trouvera une description de ces techniques de mesure de la capacité dans Phillips [1963].

nous nous trouvons en capacité excédentaire supérieure à la capacité excédentaire optimale. Une façon de contourner ce problème est d'effectuer le calcul des coefficients moyens sur une période de temps suffisamment longue (une période de 5 années semble raisonnable) pour contrebalancer les excédents de capacité. On obtient ainsi des coefficients de capital susceptibles de représenter plus précisément, à long terme, les besoins en capital des différents secteurs. D'autre part, comme à long terme l'output varie dans des proportions identiques à celles de la capacité, il importe peu d'utiliser l'output plutôt que la capacité¹⁹ ; ceci évite de manipuler des estimations souvent imprécises de la capacité.

Définissant les coefficients comme :

$$b_{ij} = \frac{I_{ij}^e}{X_j} \text{ et } d_{ij} = \frac{I_{ij}^r}{X_j} \quad (\text{pour } i, j = 1, \dots, m)$$

où :

b_{ij} = coefficients de capital d'expansion ;

I_{ij}^e = investissement d'expansion ;

X_j = production (output) ;

d_{ij} = coefficients de capital de remplacement ;

I_{ij}^r = investissement de remplacement,

nous avons résolu de déterminer globalement les coefficients de capital pour chacun des secteurs et de les répartir, par la suite, entre les différents biens de capital suivant des proportions que pouvait nous fournir le B.S.Q. Aucune donnée ni sur l'investissement d'expansion ni sur l'investissement de remplacement n'étant cependant disponible pour le Québec, nous avons dû estimer nous-mêmes les valeurs requises à cet égard. Nous avons eu recours, pour ce faire, à la méthode dite « cumulative » ou de l'inventaire perpétuel. On trouvera dans Beaudry [1974] une description détaillée des principales étapes de ces calculs de même que des sources de données requises pour l'exercice, c'est-à-dire la durée de vie utile du capital, la formation brute de capital fixe et les indices de prix pour les biens de capital, par secteur industriel.

Les tableaux 2 et 3 traduisent les deux matrices des coefficients de capital auxquelles nous sommes ainsi parvenues. Elles se lisent comme suit :

19. Il est d'ailleurs préférable d'utiliser le concept de production plutôt que celui de capacité dans le calcul des coefficients de capital, si l'on accepte le fait qu'il y a une capacité excédentaire optimale.

TABLEAU 2

COEFFICIENTS DE CAPITAL D'EXPANSION

Secteurs	Biens	26	34	35	36	37
		Meubles	Prod. métal.	Machiner.	Autos camions	Autre matériel de transp.
1. Agriculture		.0007	.0142	.6061	.2514	0.0000
2. Forêt		.0001	.0005	.0466	.0157	.0008
3. Pêche		0.0000	0.0000	.0595	0.0000	.2246
4. Mines		.0008	.0030	.3686	.0132	.0353
5. Aliments et boissons		.0014	.0089	.0706	.0212	0.0000
6. Tabac		.0020	.0006	.0642	.0006	0.0000
7. Caoutchouc		.0049	.0133	.2877	.0081	0.0000
8. Cuir		.0018	.0043	.1281	.0106	0.0000
9. Textile		.0006	.0023	.1227	.0024	0.0000
10. Bonneterie		.0013	.0006	.0493	.0044	0.0000
11. Vêtement		.0013	.0006	.0493	.0044	0.0000
12. Bois		.0007	.0024	.0887	.0153	0.0000
13. Meubles		.0017	.0005	.0907	.0180	0.0000
14. Papier		.0012	.0366	.3811	.0018	0.0000
15. Edition		.0026	.0009	.0979	.0055	0.0000
16. Métaux primaires		.0006	.0017	.1683	.0009	0.0000
17. Produits métalliques		.0026	.0078	.1742	.0112	0.0000
18. Machinerie		.0060	.0045	.1816	.0091	0.0000
19. Matériel de transport		.0023	.0014	.0412	.0014	.0034
20. Appareils électriques		.0034	.0018	.0944	.0010	0.0000
21. Minéraux non métalliques		.0035	.0084	.4593	.0479	.0043
22. Pétrole		.0022	.2429	.1553	.0102	0.0000
23. Chimie		.0094	.0530	.1421	.0102	0.0000
24. Divers		.0114	.0037	.0997	.0185	0.0000
25. Construction		.0004	.0006	.0357	.0105	0.0000
26. Transport		.0105	.0069	.0531	.0773	.3075
27. Communication		.0228	.0087	.0945	.0553	0.0000
28. Electricité, gaz, eau		.0105	.2258	.2257	.0486	.0362
29. Commerce		.1046	.0633	.1358	.1761	0.0000
30. Fin. Ass. Imm.		.0148	.0070	.0287	.0202	0.0000
31. Serv. Med. et Pers.		.0821	.0518	.1171	.0628	0.0000
32. Serv. Aux. Entrep.		.0799	.0287	.1340	.1438	.0090
33. Autres services		.0685	.0518	.1156	.0628	0.0000

TABLEAU 2 (suite)
COEFFICIENTS DE CAPITAL D'EXPANSION

Secteurs	Biens	38	39	47	48	49
		App. électr.	Matériel de télé- comm.	Produits divers	Edifices et maisons	Autre constr.
1. Agriculture		.0044	.0014	.0049	.1911	.0604
2. Forêt		.0001	.0018	.0004	.0166	.0380
3. Pêche		0.0000	0.0000	.1881	0.0000	0.0000
4. Mines		0.0000	.0087	.0097	.3171	.9165
5. Aliments et boissons		0.0000	.0019	.0059	.0889	.0046
6. Tabac		0.0000	.0001	.0043	.2090	.0003
7. Caoutchouc		0.0000	.0158	.0192	.2038	.0055
8. Cuir		0.0000	.0014	.0037	.1831	.0262
9. Textile		.0002	.0030	.0131	.1345	.0021
10. Bonneterie		0.0000	.0004	.0005	.0301	.0002
11. Vêtement		0.0000	.0004	.0005	.0301	.0002
12. Bois		0.0000	.0064	.0013	.0589	.0073
13. Meubles		0.0000	0.0000	.0038	.0652	.0010
14. Papier		.0001	.0065	.0053	.4076	.0131
15. Edition		0.0000	.0013	.0021	.0751	.0007
16. Métaux primaires		0.0000	.0292	.0057	.0873	.0030
17. Produits métalliques		0.0000	.0038	.0066	.0868	.0035
18. Machinerie		0.0000	0.0000	.0051	.0719	.0184
19. Matériel de transport		0.0000	.0003	.0107	.0476	.0020
20. Appareils électriques		0.0000	.0056	.0155	.0469	.0007
21. Minéraux non métalliques		0.0000	.0052	.0110	.2270	.0034
22. Pétrole		0.0000	.0153	.0213	.3738	.0414
23. Chimie		0.0000	.0357	.0280	.7353	.0104
24. Divers		0.0000	.0019	.0119	.0650	.0014
25. Construction		0.0000	.0020	.0001	.0013	.0007
26. Transport		.0005	.0092	.0033	.7082	.2754
27. Communication		.0045	.3929	.0061	1.2139	1.0764
28. Electricité, gaz, eau		.0095	.8631	.0269	.0568	2.7865
29. Commerce		.0237	.1456	.0280	.0212	.0024
30. Fin. Ass. Imm.		.0004	.0070	.0006	.8731	.0759
31. Serv. Méd. et Pers.		.0353	.0250	.0804	.5069	.0324
32. Serv. Aux. Entrep.		.0010	.0591	.0668	.5123	.0270
33. Autres services		.0681	.0377	.0548	.4314	.1079

TABLEAU 3
COEFFICIENTS DE CAPITAL DE REMPLACEMENT

Secteurs	Biens	26	34	35	36	37
		Meubles	Prod. métal.	Machiner.	Autos camions	Autre matériel de transp.
1. Agriculture		.0001	.0022	.0923	.0383	0.0000
2. Forêt		0.0000	.0002	.0207	.0070	.0003
3. Pêche		0.0000	0.0000	.0114	0.0000	.0430
4. Mines		.0001	.0003	.0317	.0011	.0030
5. Aliments et boissons		.0002	.0012	.0094	.0028	0.0000
6. Tabac		.0005	.0001	.0147	.0001	0.0000
7. Caoutchouc		.0004	.0012	.0265	.0007	0.0000
8. Cuir		.0001	.0003	.0093	.0008	0.0000
9. Textile		.0001	.0004	.0199	.0004	0.0000
10. Bonneterie		.0002	.0001	.0068	.0006	0.0000
11. Vêtement		.0002	.0001	.0068	.0006	0.0000
12. Bois		.0001	.0003	.0127	.0022	0.0000
13. Meubles		.0002	.0001	.0130	.0026	0.0000
14. Papier		.0002	.0042	.0438	.0002	0.0000
15. Edition		.0005	.0002	.0193	.0011	0.0000
16. Métaux primaires		.0001	.0002	.0225	.0001	0.0000
17. Produits métalliques		.0004	.0010	.0233	.0015	0.0000
18. Machinerie		.0008	.0006	.0243	.0012	0.0000
19. Matériel de transport		.0006	.0003	.0100	.0003	.0008
20. Appareils électriques		.0006	.0003	.0160	.0002	0.0000
21. Minéraux non métalliques		.0003	.0006	.0330	.0034	.0003
22. Pétrole		0.0000	.0048	.0031	.0002	0.0000
23. Chimie		.0013	.0073	.0196	.0014	0.0000
24. Divers		.0013	.0004	.0111	.0021	0.0000
25. Construction		.0001	.0002	.0121	.0036	0.0000
26. Transport		.0015	.0010	.0075	.0109	.0435
27. Communication		.0083	.0031	.0342	.0200	0.0000
28. Electricité, gaz, eau		.0004	.0105	.0105	.0022	.0017
29. Commerce		.0039	.0024	.0051	.0067	0.0000
30. Fin. Ass. Imm.		.0009	.0005	.0018	.0012	0.0000
31. Serv. Med. et Pers.		.0081	.0052	.0116	.0063	0.0000
32. Serv. Aux. Entrep.		.0079	.0029	.0133	.0143	.0009
33. Autres services		.0068	.0052	.0115	.0063	0.0000

TABLEAU 3 (suite)

COEFFICIENTS DE CAPITAL DE REMPLACEMENT

Secteurs	Biens	38	39	47	48	49
		App. électr.	Matériel de télé- comm.	Produits divers	Edifices et maisons	Autre constr.
1. Agriculture		.0007	.0002	.0007	.0254	.0080
2. Forêt		0.0000	.0008	.0002	.0080	.0181
3. Pêche		0.0000	0.0000	.0360	0.0000	0.0000
4. Mines		0.0000	.0007	.0008	.0181	.0522
5. Aliments et boissons		0.0000	.0002	.0008	.0056	.0003
6. Tabac		0.0000	0.0000	.0010	.0067	.0001
7. Caoutchouc		0.0000	.0014	.0018	.0066	.0002
8. Cuir		0.0000	.0001	.0003	.0060	.0008
9. Textile		.0001	.0004	.0021	.0072	.0001
10. Bonneterie		0.0000	0.0000	0.0000	.0026	.0001
11. Vêtement		0.0000	0.0000	0.0000	.0026	.0001
12. Bois		0.0000	.0009	.0002	.0070	.0009
13. Meubles		0.0000	0.0000	.0005	.0078	.0001
14. Papier		0.0000	.0007	.0006	.0132	.0004
15. Édition		0.0000	.0003	.0004	.0058	.0001
16. Métaux primaires		0.0000	.0039	.0008	.0088	.0003
17. Produits métalliques		0.0000	.0005	.0009	.0088	.0003
18. Machinerie		0.0000	0.0000	.0007	.0072	.0019
19. Matériel de transport		0.0000	0.0000	.0026	.0049	.0002
20. Appareils électriques		0.0000	.0009	.0026	.0061	.0001
21. Minéraux non métalliques		0.0000	.0003	.0008	.0162	.0002
22. Pétrole		0.0000	.0003	.0004	.298	.0033
23. Chimie		0.0000	.0049	.0038	.0146	.0002
24. Divers		0.0000	.0002	.0013	.0067	.0001
25. Construction		0.0000	.0007	0.0000	.0006	.0003
26. Transport		0.0000	.0013	.0005	.0351	.0136
27. Communication		.0016	.1422	.0022	.0296	.0263
28. Électricité, gaz, eau		.0004	.0403	.0012	.0032	.1576
29. Commerce		.0009	.0055	.0010	.0133	.0015
30. Fin. Ass. Imm.		0.0000	.0004	.0001	.0126	.0011
31. Serv. Méd. et Pers.		.0035	.0024	.0080	.0121	.0008
32. Serv. Aux. Entrep.		.0001	.0058	.0067	.0123	.0006
33. Autres services		.0067	.0037	.0055	.0103	.0026

- 1) en ce qui concerne la matrice des coefficients de capital d'expansion, une variation de \$1.00 dans la production du secteur 1 (agriculture) nécessite la mise en place de \$0.0007 de meubles, \$0.0142 de produits métalliques, \$0.6061 de machinerie, etc.
- 2) en ce qui concerne la matrice des coefficients de capital de remplacement, le fait que le même secteur 1 produise pour \$1.00 entraîne la dépréciation et le remplacement de \$0.0007 de produits divers, \$.0254 d'édifices et maisons, \$0.0080 d'autre construction, etc.

On pourra juger de la vraisemblance des coefficients au regard des résultats d'un test que nous leur avons fait subir. Le test consistait à comparer la formation brute de capital obtenue à partir de nos matrices à celle décrite par le tableau du Québec pour 1966 ; les résultats apparaissent au tableau 4. Il ne faudrait pas se surprendre outre mesure toutefois de la surestimation de 10.8% du capital total. D'une part, les données sur l'output que nous avons utilisées pour le test sont de sources différentes du tableau du Québec²⁰ ; d'autre part, les coefficients de capital ont été calculés sur une période de cinq années (1967-1972) plutôt que pour 1966 seulement. Aussi faut-il juger les résultats du test suivant les ordres de grandeur obtenus et non pas suivant les valeurs absolues inscrites au tableau. C'est d'ailleurs sur ce raisonnement que nous pouvons dire que nos coefficients apparaissent acceptables dans l'ensemble.

Les projections des matrices de coefficients de capital ont été effectuées suivant une méthode relativement simple. Des ratios globaux capital/output ont été calculés par secteur pour le Québec et le Canada pour différentes périodes de 5 ans, soit Québec, 1957-1961 et 1968-1972, et Canada, 1956-1960 et 1968-1972, à partir desquels des tendances ont été observées. Ces tendances ont ensuite été comparées aux tendances notées par Carter [1957] aux Etats-Unis entre 1939 et 1962 et à celles prévues par Stone [1965] pour l'Angleterre entre 1960 et 1970. Etant donné les divergences souvent importantes observées chez ces dernières pour un même secteur, nous avons alors défini arbitrairement trois sortes de tendances, l'une stable 0% (taux moyen annuel), l'autre faible 2.5% et la dernière forte 5%.

La fonction d'investissement

Nous avons mentionné déjà que les dépenses d'investissement s'échelonnaient sur une période de 4 années environ suivant des distributions qui pouvaient être représentées par le graphique I. Le problème qui se pose pour rendre le modèle opérationnel est la quantification de ces distri-

20. Nous avons eu recours, en effet, dans le cas des coefficients du capital d'expansion, à la *variation* dans la production entre 1965 et 1966 plutôt qu'au niveau de l'année 1966.

TABLEAU 4
COMPARAISON DE LA FORMATION BRUTE DE CAPITAL FIXE
OBTENUE À PARTIR DE NOS MATRICES DE COEFFICIENTS
DE CAPITAL AVEC CELLE DÉCRITE AU TABLEAU DU QUÉBEC
1966 (en '000 \$)

Catégorie de bien de capital	Nos estimations *			Tableau du Québec (2)	Erreur d'estimation $\frac{(2)}{(1)}$ %
	Capital d'expansion	Capital de remplacement	Total (1)		
26. Meubles	21,390	29,463	50,852	47,881	+6.2
30. Fer et acier	—	37,009	—	305	—
34. Produits métalliques	36,789	—	73,798	74,961	-1.5
35. Machinerie et équipement	232,316	362,811	595,127	523,782	+13.6
36. Autos, camions, motoneiges, pièces	57,850	97,264	155,113	155,778	-0.4
37. Autres matériels de transport	31,375	56,283	87,658	103,983	-15.7
38. Appareils électriques	7,725	10,955	18,680	15,207	+22.8
39. Matériel électrique et de télécommunication	75,253	110,020	185,272	160,300	+15.6
47. Produits divers	20,275	27,329	47,605	35,527	+34.0
48. Edifices et maisons **	398,649	230,567	629,216	519,811	+21.0
49. Autre construction	213,195	138,210	351,406	343,245	+2.4
TOTAL			2,194,726	1,980,780	+10.8

* Calculées à partir des matrices de coefficients de capital d'expansion et de remplacement.

** Excluant l'habitation.

butions ou des paramètres a , b , c , d et m , n , o , p des équations (10) et (11). Si bon nombre d'auteurs se sont déjà arrêtés à de telles estimations, leurs résultats demeurent pour le moins aussi divergents que variés. Contraints cependant à entreprendre une étude parallèle qui nous fournirait les valeurs requises si nous n'acceptons pas leurs résultats comme valables aussi pour le Québec, nous n'avons d'autre alternative que de nous y référer. Nous avons donc retenu, dans le cas de l'investissement d'expansion, une moyenne des résultats de Jorgenson [1971], Hickman [1957] et Hoyck [1954], c'est-à-dire : $m = .16$, $n = .48$, $o = .24$ et $p = .12$ pour $m + n + o + p = 1.0$. Dans le cas de l'investissement de remplacement, la dépréciation du capital suivant une forme géométrique décroissante, suggérée par Griliches [1960], Meyer et Kuh [1957], et les autres, nous a conduits à établir les valeurs de $a = .54$, $b = .26$, $c = .15$ et $d = .05$ pour $a + b + c + d = 1.0$.

III — UNE APPLICATION

Pour les besoins de la cause, nous avons envisagé une injection fictive qui pourrait éventuellement prendre la forme de multiples mesures ou programmes de la part des gouvernements tant locaux et régionaux que supra-régionaux. Ce pourrait être, par exemple, un programme de dépenses visant à stimuler la demande à long terme pour certains biens, le résultat d'une politique d'achat, les effets de nouvelles mesures tarifaires, etc. Nous avons en fait tout simplement supposé des montants arbitraires de variations autonomes dans la demande finale du Québec en trois points du temps au cours de la période 1976-1985, soit lors de la première année (différente suivant le secteur touché), en 1980 et en 1985. Les valeurs pour les autres années ont alors été calculées par interpolation linéaire. Le tableau 5 traduit, en milliers de dollars, le volume des variations ainsi prévues ; ce sont ces valeurs qui ont servi d'injection autonome pour le fonctionnement du modèle.

Afin d'illustrer peut-être un peu plus en détail la nécessité d'introduire dans l'analyse intersectorielle des précisions aussi importantes que les changements technologiques et le principe de l'accélération, nous avons mis côte à côte les résultats de simulations effectuées, d'une part, à partir de l'approche traditionnelle, c'est-à-dire le modèle statique construit sur la base de la structure intersectorielle de 1966 et appuyé sur une fonction de consommation linéaire et homogène, et, d'autre part, à partir du modèle dynamique doté, tel que précédemment décrit, outre d'une fonction de consommation, d'une structure intersectorielle variable (jusqu'en 1980) et d'une fonction d'investissement.

Nous avons, de plus, fait en sorte que les résultats d'impact nous parviennent sous une forme cumulative de façon à bien identifier la

TABLEAU 5
INJECTION FICTIVE POUR LE FONCTIONNEMENT DU MODÈLE ('000 \$)

Secteur	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Vêtements	—	—	100	125	150	180	210	240	270	300
Edition	—	500	1,000	1,500	2,000	2,100	2,200	2,300	2,400	2,500
Produits métalliques	500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,100	3,700	4,300	4,900	5,500
Machinerie	—	—	—	—	—	400	800	1,200	1,800	2,000
Appareils électriques	2,000	4,000	6,000	8,000	10,000	12,000	14,000	16,000	18,000	20,000
Chimie	—	900	1,100	1,300	1,500	1,700	1,900	2,100	2,300	2,500
Industries diverses	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	5,600	6,200	6,800	7,400	8,000
Commerce	1,800	3,600	5,400	7,200	9,000	10,200	11,400	12,600	13,800	15,000
Autres services	—	—	1,000	1,250	1,500	1,800	2,100	2,400	2,700	3,000
TOTAL	5,300	12,000	19,100	25,375	31,650	37,080	42,510	47,940	53,370	58,800

part de l'impact qui devait être attribuée à chacun des types d'effets déjà énumérés, c'est-à-dire :

- a) les effets directs et indirects ;
- b) les effets directs et indirects, plus les effets induits par les dépenses de consommation des ménages ;
- c) les effets directs, indirects et induits, plus les effets de l'investissement.

Nous limiterons ici l'analyse à la solution du modèle en termes d'emplois, bien que les solutions en termes de valeur de production et de revenus de même qu'en termes de fiscalité, seraient également possibles.

On trouvera au tableau 6 les résultats d'impact ainsi calculés.

Deux conclusions ressortent de ces résultats. La première réfère à la marge substantielle de l'impact total qu'il faut accorder à l'introduction de l'accélérateur dans le modèle. Cette marge s'établit en moyenne à quelque 30% de l'impact que l'on aurait généralement obtenu à partir de l'approche traditionnelle simple²¹ ; elle varie cependant beaucoup au cours de la période de dix années sur laquelle s'étend la simulation, passant d'un sommet de près de 65% la première année à un creux de 15% en 1985. Ces variations sont toutefois conformes aux caractéristiques intrinsèques du modèle qui font transparaître sur l'investissement induit le rythme d'évolution du besoin dans la capacité de produire. En fait, les effets de l'investissement sur l'impact total se feront plus ou moins importants suivant que le taux de croissance de la demande finale autonome se fera lui-même plus ou moins élevé. Il est intéressant de noter, à cet égard, que l'accroissement annuel de 5.4 millions observé dans l'injection fictive à partir de 1981 se traduit par une tendance asymptotique des effets de l'accélérateur vers un rythme parallèle, et qui y est aussi sans doute conforme, à celui de l'injection.

Le deuxième aspect qui mérite d'être souligné est celui de l'effet de la prise en compte des changements technologiques sur l'impact total. Qu'il suffise de mentionner à cet égard que l'utilisation de la structure de 1966 signifie, en 1980, une surestimation des résultats (effets directs, indirects et induits) de l'ordre de 23.5%. Déjà, pour 1976, il faudrait dégonfler les résultats par plus de 20% pour qu'ils soient compatibles avec le niveau technologique de cette année-là. On ne saurait donc nier l'impact énorme de la technologie sur la structure intersectorielle de l'économie du Québec. Il importe néanmoins de noter ici que nous n'avons pas fait subir aux paramètres de la fonction de consommation (ni à ceux de la fonction d'investissement d'ailleurs) l'influence du

21. Indépendamment de l'écart attribuable à la prise en compte des changements technologiques dans le modèle.

TABLEAU 6

IMPACT D'UNE VARIATION FICTIVE DANS LA DEMANDE FINALE DU QUÉBEC 1976-1985

Année	Injection fictive (\$ millions)		Impact, en termes d'emplois							
			Modèle statique (Structure de 1966)			Modèle dynamique (Structure actuelle jusqu'en 1980)				
	Accrois- sement cumulatif	Accrois- sement marginal	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
			Effets directs et indirects	(1) + Effets induits	$\frac{(2)}{(1)}$	Effets directs et indirects	(4) + Effets induits	(5) + Effets de l'investis- sement	$\frac{(5)}{(4)}$	$\frac{(6)}{(5)}$
1976	5.3	5.3	552	715	1.295	434	595	978	1.371	1.644
1977	12.0	6.7	1,200	1,561	1.301	919	1,272	1,913	1.384	1.504
1978	19.1	7.1	1,920	2,492	1.298	1,472	2,057	2,940	1.397	1.429
1979	25.4	6.3	2,556	3,318	1.298	1,921	2,710	3,735	1.411	1.378
1980	31.7	6.3	3,191	4,144	1.299	2,354	3,356	4,401	1.426	1.311
1981	37.1	5.4	3,701	4,809	1.299	2,731	3,894	4,868	1.426	1.250
1982	42.5	5.4	4,211	5,475	1.300	3,107	4,431	5,308	1.426	1.198
1983	47.9	5.4	4,721	6,140	1.301	3,482	4,965	5,814	1.426	1.171
1984	53.4	5.5	5,231	6,805	1.301	3,858	5,502	6,382	1.426	1.160
1985	58.8	5.4	5,741	7,471	1.301	4,235	6,039	6,945	1.426	1.150

temps ; une telle précision, toutefois, loin de réduire ces écarts, aurait eu tendance à les accroître davantage.

Ainsi, dans la mesure où les précisions que nous avons apportées au modèle statique constituent des améliorations, on peut présumer que les résultats du modèle dynamique se présentent qualitativement supérieurs à ceux de ce dernier. Il apparaît par conséquent douteux, compte tenu des écarts observés, de prétendre estimer avec justesse l'impact économique d'un développement régional à horizon temporel sans introduire la notion du temps dans les variables économiques utilisées.

Conclusion

Les résultats de la simulation que nous venons d'effectuer justifient probablement à eux seuls les précisions que nous avons apportées au modèle statique de base. Ils montrent bien, croyons-nous, que l'exercice auquel nous nous sommes livrés est tout à fait faisable, malgré certaines difficultés de parcours, et que les efforts que nous y avons engagés étaient légitimes.

Nous connaissions au départ l'importance des difficultés inhérentes à l'exercice et nous sommes conscients que, pour les éviter, nous avons dû imposer au modèle certaines contraintes dont les implications peuvent se traduire par certains biais au niveau des résultats. Nous faisons allusion ici surtout à l'hypothèse de la pleine capacité de production ; il faut avouer, cependant, que cette hypothèse devient tout à fait justifiable en long terme et que ce n'est qu'en très courte période que des biais sont susceptibles de se produire sous ce rapport. Aussi convient-il de souligner que le modèle, dans sa forme actuelle, n'a qu'une portée de moyenne ou de longue période ; il faut comprendre dès lors qu'il ne pourrait s'appliquer à des cas où l'accroissement autonome de la demande finale ne serait que temporaire ou faible au point d'être absorbé entièrement par une simple variation dans les stocks d'inventaires. Ces cas pourraient cependant être retenus si on fournissait au modèle des seuils au-delà desquels l'accélérateur commencerait à jouer.

Malgré ses limites et les critiques auxquelles il est sujet, à cause de ses hypothèses, le modèle n'en demeure pas moins, dans ses résultats, cohérent avec la réalité économique même s'il semble difficile de le tester empiriquement, et les valeurs d'impact qu'il produit se situent dans des bornes raisonnables. Certes, convenons-nous que l'approche utilisée pourrait être améliorée sous certains aspects, mais nous croyons qu'elle aura au moins servi à démontrer qu'il est possible d'introduire un accélérateur et de tenir compte des changements technologiques dans l'ana-

lyse intersectorielle et que de telles précisions se doivent d'être apportées pour une analyse globale et plus sûre de l'impact du développement économique régional.

Richard BEAUDRY,
Conseil économique du Canada *
et
Jacques NEPVEU,
Hydro-Québec *.

BIBLIOGRAPHIE

- ALMON, S., « The Distributed Lag Between Capital Appropriation and Expenditures », in *Econometrica*, janvier 1965.
- BAUMOL, W.J., *Business Behaviour, Value and Growth*, The Macmillan Co., New York, 1959.
- BEAUDRY, R., *La simulation du développement économique régional à partir de l'analyse input-output*, mémoire de maîtrise, Université de Montréal, 1974.
- BUREAU DE LA STATISTIQUE DU QUÉBEC, *Le système de comptabilité économique du Québec*, Volume I : « Le système et son fonctionnement », et Volume III : « Les utilisations », en collaboration avec le Laboratoire d'économétrie, Université Laval, Québec, février 1970.
- CARTER, A.P., « Changes in the Structure of the American Economy, 1947, 1958 and 1962 », in : *Review of Economics and Statistics*, mai 1957.
- CHENERY, H.B. et CLARK, P.C., *Interindustry Economics*, New York, John Wiley and Sons Inc., 1959.
- EVANS, N.K., *Macroeconomic Activity*, New York, Harper and Row Publishers, 1969.
- GRILICHES, Z., « The Demand for Durable Inputs : U.S. Farm Tractors, 1921-1957 », in : HARBERGER, A.C. (éd.), *The Demand for Durable Goods*, Chicago, University of Chicago Press, 1960.
- HALL, R.E., « The Measurement of Quality Change from Vintage Price Data », in : GRILICHES, Z. (éd.), *Price Indexes and Quality Change*, Cambridge, Harvard University Press, 1971.
- HICKMAN, B., « Capacity, Capacity Utilization and the Acceleration Principle », in : *Problems of Capital Formation*, vol. 19, Princeton, Princeton University Press, 1957.
- HICKS, J.R., *A Contribution to the Theory of the Trade Cycle*, London, Clarendon Press, 1950.
- HIGGINS, B., MARTIN, F. et RAYNAULD, A., *Les orientations du développement économique régional dans la Province de Québec*, Ottawa, 1970.

* Les opinions exprimées dans cet article n'engagent en aucune façon la responsabilité des organismes concernés.

- JORGENSEN, D.W., « Econometric Studies of Investment Behavior : A Survey », in : *Journal of Economic Literature*, décembre 1971, vol. IX.
- JORGENSEN, D.W. et STEPHENSON, J.A., « Investment Behavior in U.S. Manufacturing, 1947-1960 », in : *Econometrica*, avril 1967.
- KOYCK, L.M., *Distributed Lags and Investment Analysis*, North Holland, Amsterdam, 1954.
- LEFORT, J. et MARSHALL, R., « Le tableau économique du Québec, 1966 », in : *Revue Statistique*, Bureau de la statistique du Québec, juin 1972.
- LEONTIEFF, W.W., « *Dynamic Inverse* », in : CARTER, A.P. et BRODY, éd., *Contributions to Input-Output Analysis*, Amsterdam, North Holland Publishing Company, 1970.
- LEONTIEFF, W.W. et al., *Studies in the Structure of the American Economy*, New York, Oxford University Press, 1953.
- MEYER, J. et KUH, E., *The Investment Decision*, Cambridge, Harvard University Press, 1957.
- MIERNYK, W., *Simulating Regional Economic Development*, Lexington, D.C. Health and Co., 1970.
- MIERNYK, W.H., *The Elements of Input-Output Analysis*, New York, Random House, 1966.
- PHILLIPS, A., « An Appraisal of Measures of Capacity », in *American Economic Review*, mai 1963.
- RESEK, R.W., « Investment by Manufacturing Firms : A Quarterly Time Series Analysis of Industry Data », in *Review of Economics and Statistics*, août 1966.
- STONE, R., *A Program for Growth*, published by the Department of Applied Economics, University of Cambridge, juillet 1965.
- U.S. DEPARTMENT OF LABOR, *1970 Input-Output Coefficients*, B.L.S. Report, no 326, 1967.
- , *Patterns of U.S. Economic Growth*, B.L.S., Bulletin no 1672, 1970.
- U.S. SURVEY OF CURRENT BUSINESS, *Input-Output Flows Matrix*, 1958, 1965.
- WYKOFF, F., « Capital Depreciation in the Post-War Period : Automobiles », in : *Review of Economics and Statistics*, mai 1970.